

PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK JALAN TOL TRANS SUMATERA (Studi Kasus : Paket III Kota Baru – Metro Sta102+775 – 103+225)

Sari Utama Dewi¹, Fery Hendi Jaya², Masherni³

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro Lampung¹

Prodi Teknik Sipil Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai²

Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia¹

Jl.Imam Bonjol No. 468 Langkapura Bandar Lampung, Indonesia²

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro Lampung³

Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia³

Email : saridewi.dewi1981@gmail.com¹, feryhendi_jaya@yahoo.co.id²,
masherni@yahoo.com³

ABSTRAK

Proyek Jalan Tol Trans Sumatera mempunyai peranan yang sangat penting dalam kelancaran lalu lintas di Pulau Sumatera. Penelitian ini dilakukan pada jalan Tol Trans Sumatera (Paket III Kota Baru – Metro Sta 102+775 – 103+225) dengan menganalisa perbandingan produktivitas alat berat pada pekerjaan di lapangan dan secara teoritis yaitu waktu siklus, biaya dan volume.

Hasil yang diperoleh untuk biaya penggunaan alat yang dikeluarkan setiap kombinasi yaitu : kombinasi 1 (Rp. 3.356.926.272,86), kombinasi 2 (Rp. 3.356.926.272,86), kombinasi 3 (Rp. 3.641.665.554,94), kombinasi 4 (Rp. 3.656.651.832,94), kombinasi 5 (Rp. 3.671.638.110,95), kombinasi 6 (Rp. 3.686.624.388,95), kombinasi 7 (Rp. 3.671.638.110,95), kombinasi 8 (Rp. 3.716.596.944,96). Sedangkan produktivitas alat berat dilapangan selama 61 hari (4 unit *excavator* dan 32 unit *dump tronton*) dan volume/hari 2.355,03 m³. Secara teoritis lebih efisien pada waktu pengerjaan di kombinasi 5 (49 hari dengan 5 unit *excavator*, 40 unit *dump tronton*, volume/hari 2.943,79 m³), kombinasi 6 (41 hari dengan 6 unit *excavator*, 48 unit *dump tronton*, volume/hari 3.532,55 m³), kombinasi 7 (35 hari dengan 7 unit *excavator*, 56 unit *dump tronton*, volume/hari 4.121,31 m³) kombinasi 8 (31 hari dengan 8 unit *excavator*, 64 unit *dump tronton*, volume/hari 4.710,07 m³)

Kata kunci : Alat berat, biaya, waktu, volume

PENDAHULUAN

Sebagai akses penghubung dan kelancaran lalu lintas dari Lampung sampai dengan Aceh, pembangunan jalan Tol Trans Sumatera mempunyai peranan yang sangat penting. Dalam melaksanakan pembangunan ini diperlukan alat – alat berat seperti: alat gali (*Excavator*), alat pemadat tanah (*Roller*), alat pendorong tanah (*Bulldozer*), alat pengangkut (*Dump*

Truck) dan lain – lain yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan secara efisien. Penggunaan alat berat yang optimal dapat tercapai apabila faktor yang mempengaruhi pekerjaan alat berat dapat terlaksana sebagai jenis pekerjaan yang dilaksanakan dan dibutuhkan manajemen yang sangat baik karena untuk mengetahui efisiensi produktivitas penggunaannya.

Faktor tersebut diantaranya biaya yang dikeluarkan, waktu yang dibutuhkan dan kapasitas produksi alat berat yang dihasilkan.

Untuk mengetahui hasil perbandingan produktivitas alat berat pada pekerjaan dilapangan dan secara teoritis, maka perlu diteliti produktivitas penggunaan alat-alat berat *Excavator* dan *Dump Truck* pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Bakauheni-Terbanggi (Paket III Kotabaru-Metro Sta102+775 – 103+225).

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui optimalisasi waktu yang di butuhkan alat-alat berat pada pengerjaan proyek.
2. Menghitung efisiensi biaya penggunaan alat yang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan
3. Jumlah alat berat yang digunakan sesuai dengan kebutuhan pekerjaannya.

Mengetahui jumlah kapasitas produksi alat berat berdasarkan pendekatan perhitungan secara teoritis.

TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen Proyek

Menurut Ervianto (2005) manajemen proyek adalah manajemen yang mencakup semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

Manajemen Alat Berat

Menurut Wilopo (2011), manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari, antara lain adalah :

1. Fungsi yang harus dilaksanakan (untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan)
2. Kapasitas peralatan.
3. Cara operasi berdasarkan arah (*horizontal* maupun *vertikal*) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan;
4. Pembatasan dari metode yang dipakai.
5. Ekonomi
6. Jenis proyek (proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, dan pembukaan hutan)
7. Lokasi proyek.
8. Jenis dan daya dukung tanah.
9. Kondisi lapangan

Karakteristik Tanah

Tanah (*soil*) merupakan bagian dari pekerjaan konstruksi yang harus diperhatikan karena tanah adalah elemen utama pendukung struktur dalam dunia konstruksi.

Sifat – Sifat Tanah

Menurut Rochmanhadi (1982), material tanah (*soil*) tidak mempunyai sifat yang benar-benar khas, berbeda sekali dengan beton dan baja. Material tanah di alam terdiri dari dua bagian yaitu bagian padat terdiri dari partikel-partikel material tanah yang padat, sedangkan bagian pori berisi air dan udara.

Sifat-sifat fisik material tanah yaitu :

1. Keadaan asli sebelum diadakan pengerjaan.
2. Keadaan lepas, yakni keadaan suatu material tanah setelah diadakan suatu pengerjaan (*disturbed*).
3. Keadaan padat adalah keadaan tanah setelah ditimbun kembali kemudian dipadatkan.

Menurut Rochmanhadi (1982) perlu diketahui pula faktor tanah yang dapat mempengaruhi produktivitas alat berat, antara lain :

- 1) Berat Material,
- 2) Kekerasan
- 3) Daya Ikat/Kohesivitas
- 4) Bentuk Material

Optimasi

Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal (nilai efektif yang dapat dicapai).

Efisiensi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi sebagai berikut :

1. Faktor operator
2. Faktor Cuaca
3. Faktor Kondisi Medan/Lapangan
4. Faktor Manajemen Kerja

Produktivitas Alat Berat Excavator

Ada beberapa faktor yang memengaruhi produktivitas excavator, yaitu:

1. Keadaan pekerjaan
2. Keadaan mesin
3. Kapasitas pengangkatan

Produktivitas *excavator* dapat dihitung dengan rumus berikut: (Rochmanhadi, 1985)

$$\frac{q \times 60 \times E}{Cm}$$

$$q = q1 \times K$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam (m³/jam)

Q = Produksi per siklus (m³)

Cm = Waktu siklus (menit)

E = Efisiensi kerja

q1 = Kapasitas bucket

K = Faktor bucket

Produktivitas Dump Tronton

Dump tronton merupakan alat untuk membantu dalam pekerjaan pengangkutan dan pemindahan material tanah. *Dump tronton* sangat baik digunakan untuk mengangkut material dengan jarak yang relatif jauh.

Produktivitas *dump tronton* ditentukan oleh beberapa faktor meliputi waktu kerja, kondisi kerja dan tata laksana. Faktor lain yang mempengaruhi produktivitas *dump tronton* adalah situasi dan kondisi jalan kerja untuk mendapatkan efisiensi kerja yang tinggi, maka produktivitas harus ditingkatkan.

Menghitung siklus dump truck didapat dengan menghitung waktu – waktu yang diperlukan, yaitu :

- 1) Waktu muat, yaitu diperlukan untuk memuat material kedalam bak dump truck.
- 2) Waktu angkut material dan kembali pada keadaan kosong
- 3) Waktu bongkar di lokasi pembongkaran
- 4) Waktu yang dibutuhkan pengambilan posisi muatan untuk loading.

Perhitungan waktu siklus *dump tronton* (Cmt) : waktu muat + waktu angkut + waktu buang + waktu kembali + waktu antri. (Rochmanhadi, 1985)

$$(n \times Cms) + \frac{D}{V1} + t1 + \frac{D}{V2} + t2$$
$$n = \frac{C1}{Q1} \times K$$

Produktivitas *dump tronton* dapat dihitung dengan rumus berikut: (Rochmanhadi, 1985)

$$\frac{C \times 60 \times E}{Cmt}$$

$$C = n \times q1 \times K$$

Keterangan:

Cmt = Waktu siklus *dump tronton* (menit)

q1 = Kapasitas bucket pengisi (m³)

C1 = Kapasitas *dumptruck* (m³)

K = Faktor bucket (*excavator*)

Cms = Waktu muat/ waktu siklus *excavator* (menit)

t1 = Waktu bongkar dan tunggu (menit)

t2 = Waktu muat (menit)

Jumlah Alat Berat

Jumlah alat berat yang akan digunakan menentukan efisiensi penggunaannya dan jumlah alat yang digunakan juga harus sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Jumlah alat dapat dicari dengan cara berikut ini:

- Untuk *Excavator*

$$n = \frac{V}{We \times S \times Q}$$

- Untuk *Dump tronton*

$$\frac{\text{Jumlah Alat (1)}}{\text{Produktivitas Terbesar}} = \frac{\text{Produktivitas (alat 1)}}{\text{Jumlah Alat (1)}}$$

$$\text{Jumlah Alat} = n \times \text{Jumlah alat (1)}$$

Keterangan :

n = Jumlah unit peralatan (unit)

V = Volume pekerjaan (m3)

We = Waktu efektif hari kerja (hari)

S = Standart jam kerja perhari (jam/hari)

Q =Produksi peralatan persatuan-satuan waktu (m3/jam)

Waktu Pengerjaan Alat berat

Waktu Pengerjaan

$$= \frac{\text{Volume Tanah}}{(\text{Prod. Alat} \times \text{Jumlah Alat}) \times \text{Jam Kerja}}$$

Biaya Penggunaan Alat Berat

Biaya penggunaan alat berat dibagi dalam dua kategori yaitu

1. Biaya kepemilikan alat
2. Biaya pengoperasian alat.

Jika kontraktor tidak memiliki alat maka perhitungan yang digunakan yaitu biaya penyewaan alat. Biaya tersebut dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Biaya Pasti
- 1) Biaya pengembalian modal
- 2) Asuransi

Untuk menghitung biaya pasti dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$G = E + F = \frac{B-C \times D}{W} + \frac{Ins \times B}{W}$$

$$= \frac{(B - C) \times D + (Ins \times B)}{W}$$

Keterangan :

G =Biaya pasti per jam (rupiah)

B =Harga pokok alat setempat (rupiah)

C =Nilai sisa alat

D =Faktor angsuran atau pengembalian modal

E =Biaya pengembalian modal

F =Biaya angsuran, pajak per tahun = 0,002 x B atau = 0,02 x C

W =Jumlah jam kerja alat dalam satu tahun

- 3) Nilai Sisa

Nilai sisa merupakan harga perkiraan peralatan pada akhir umur ekonomisnya. Diambil 10% dari harga pokok alat berat.

- 4) Tingkat suku bunga, faktor angsuran modal dan biaya pengembalian,

- 5) Faktor angsuran modal

$$D = \frac{i \times (1+i)^A}{(1+i)^A - 1} +$$

- b. Biaya Operasi

- 1) Biaya bahan bakar (H)

$$H = (12,00 \text{ s/d } 15,00)\% \times \text{HP}$$

- 1) Biaya pelumas (I)

$$I = (2,5 \text{ s/d } 3)\% \times \text{HP}$$

- 2) Biaya bengkel (J)

$$J = (6,25\% \text{ s/d } 8,75)\% \times \text{B/W}$$

- 3) Biaya perbaikan (K)

$$K = (12,5 \text{ s/d } 17,5)\% \times \text{B/W}$$

- 4) Biaya operator (L)

Biaya operator tergantung dari tiap daerah.

Maka biaya operasi adalah: H+I+J+K+L

Keterangan:

H = Banyaknya bahan bakar yang digunakan dalam 1 jam dengan satuan liter/jam

HP = *Horse Power* , kapasitas tenaga mesin penggerak

B = Harga pokok alat setempat

W = Jumlah jam kerja alat dalam

I = Banyaknya minyak pelumas yang dipakai dalam 1 jam dengan satuan liter/jam

Sumber Alat Berat

1. Alat Berat yang Dibeli Kontraktor
2. Alat Berat Yang Disewa Kontraktor
3. Alat berat yang disewa – Beli (*Leasing*) oleh kontraktor

METODE PENELITIAN

Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui obyek penelitian.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari peraturan-peraturan atau ketentuan-ketentuan yang berlaku yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung

Konsep Biaya

- 1) Biaya Langsung

Adalah biaya yang langsung berhubungan dengan konstruksi atau bangunan yang didapat dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan tersebut.

2) Biaya Tak Langsung.

Adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut.

Konsep Waktu

- 1) Menunjukkan hubungan tiap kegiatan lainnya dan terhadap keseluruhan pembangunan.
- 2) Mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan di antara kegiatan.
- 3) Menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk tiap kegiatan.
- 4) Membantu penggunaan tenaga kerja, uang dan sumber daya lainnya dengan cara hal-hal kritis pada pembangunan

Pemilihan Alat Berat

Menurut *Benjamin (1991)*, pemilihan peralatan untuk suatu proyek harus sesuai dengan kondisi lapangan, agar dapat berproduksi seoptimal dan seefisien mungkin. Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu:

- 1) Spesifikasi alat disesuaikan dengan jenis pekerjaannya, seperti pemindahan tanah, penggalian, produksi agregat, penempatan beton.
- 2) Kondisi lapangan, seperti keadaan tanah, keterbatasan lahan.
- 3) Letak daerah/lokasi, meliputi keadaan cuaca, temperature, topografi.
- 4) Jadwal rencana pelaksanaan yang digunakan.
- 5) Keberadaan alat untuk dikombinasikan dengan alat yang lain.
- 6) Pergerakan dari peralatan, meliputi mobilisasi dan demobilisasi.

Kemampuan satu alat untuk mengerjakan bermacam-macam pekerjaan.

PEMBAHASAN DAN HASIL

Data Tanah

Tanah galian pada proyek Tol Trans Sumatera Sta 84+100 – 84+650 merupakan tanah bukan keras.

Tabel 1. Volume tanah

STASION		JARAK (M)	GALIAN		
			LUAS (M2)	LUAS RA TA- RA TA (M2)	VOLUME (M3)
1	102+775	25.00	15.353	59.17	1,479.30
2	102+800	25.00	102.991	158.49	3,962.16
3	102+825	25.00	213.982	281.73	7,043.28
4	102+850	25.00	349.481	388.48	9,712.01
5	102+875	25.00	427.480	431.10	10,777.56
6	102+900	25.00	434.724	445.90	11,147.57
7	102+925	25.00	457.081	477.04	11,925.96
8	102+950	25.00	496.996	502.26	12,556.38
9	102+975	25.00	507.514	499.60	12,490.12
10	103+000	25.00	491.696	465.07	11,626.79
11	103+025	25.00	438.448	408.50	10,212.49
12	103+050	25.00	378.551	352.01	8,800.21
13	103+075	25.00	325.465	309.91	7,747.81
14	103+100	25.00	294.359	277.38	6,934.52
15	103+125	25.00	260.402	239.14	5,978.50
16	103+150	25.00	217.878	201.70	5,042.48
17	103+175	25.00	185.520	162.68	4,066.97
18	103+200	25.00	139.837	81.49	2,037.29
19	103+225	25.00	23.146	14.94	373.40
JUMLAH VOLUME					143,914.79

Waktu Siklus

Waktu Siklus terdiri dari 4 (empat) komponen waktu, yaitu :

1. Waktu Menggali (*digging time*),
2. Waktu Mengangkat Bucket (*swing loaded time*),
3. Waktu Membuang (*dumping time*),
4. Waktu Putar Kosong.

Produktivitas Alat Excavator

Tabel 2. Siklus excavator

Pengamatan	1	2	3	4	5	Rata-rata
Waktu Putar Kosong	0.07	0.09	0.13	0.08	0.1	0.094
Waktu Menggali	0.36	0.37	0.38	0.37	0.39	0.374
Waktu Mengangkat Bucket	0.1	0.11	0.12	0.12	0.13	0.116
Waktu Membuang	0.06	0.07	0.07	0.08	0.06	0.068
Siklus						0.652

$$\begin{aligned}
 & \text{Produktivitas dalam 1 jam} \\
 &= \frac{60}{\text{Waktu siklus}} \times \text{Kapasitas bucket} \\
 &= \frac{60}{0,6522} \times 0,8 \\
 &= 73,60 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Produktivitas alat dalam 1 hari} \\
 &= \text{Produktivitas per jam} \times 8 \\
 &= 73,60 \times 8 = 588,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari rumus diatas maka dapat diketahui produktivitas excavator tipe sk. 200 dengan kapsitas bucket $0,8 \text{ m}^3$ dalam satu hari kerja (8 jam efisien) adalah $588,8 \text{ m}^3$. Hasil perhitungan produktivitas *excavator* ini akan digunakan untuk menghitung perhitungan teoritis kombinasi jumlah *excavator* dengan *dump tronton*.

Produktivitas Alat Dump Tronton

Dalam pengamatan siklus alat berat *dump tronton* ini mengambil sampel 5 unit dengan kapasitas $16,8 \text{ m}^3$

Table 3. Pengamatan waktu siklus *dump tronton*

Pengamatan	1	2	3	4	5	Rata - rata
Waktu Mengambil Posisi Loading	1.2	1.35	1.5	1.27	1.4	1.34
Waktu Loading	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.86
Waktu Angkut	54	55	65	57	57	57.60
Waktu Bongkar	13	12	13	14	11	12.60
Waktu Kembali	25	24	23	25	24	24.20
Siklus						109.60

Dari tabel pengamatan waktu siklus diatas, dalam satu kali siklus membutuhkan waktu 109,60 menit dengan kapasitas $16,8 \text{ m}^3$. Untuk menentukan produktivitas *dump tronton* dalam satu jam dapat menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 & \text{Produktivitas dalam 1 jam} \\
 &= \frac{\text{Kapasitas alat}}{\text{waktu siklus}} \times 60 \\
 &= \frac{16,8}{109,60} \times 60 \\
 &= 9,20 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 & \text{Produktivitas dalam 1 hari} \\
 &= \text{produktivitas per jam} \times 8 \\
 &= 9,20 \times 8 \\
 &= 73,57 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produktivitas Kombinasi

Produktivitas ini yaitu kombinasi jumlah alat berat excavator dan *dump tronton* yang dibutuhkan dalam satu hari kerja. Dan untuk mendapatkan hasil volume pekerjaan yang sesuai dengan jumlah alat yang dibutuhkan, baik excavator maupun *dump tronton*.

Diketahui :

- produktivitas excavator per hari = $588,8 \text{ m}^3$

- Produktivitas *dump tronton* per hari = $73,57 \text{ m}^3$

Jumlah kebutuhan *dump tronton*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Produktivitas excavator per hari}}{\text{Produktivitas dump tronton per hari}} \\
 &= \frac{588,8}{73,57} = 8 \text{ Unit}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rumus diatas, maka untuk volume pekerjaan galian tanah dalam satu hari adalah 143.914,79 m^3 . Dan jumlah alat yang dibutuhkan yaitu 1 unit *excavator* dan 8 unit *dump tronton*.

Perhitungan Waktu

Volume rencana galian yang akan akan dikerjakan adalah 143.914,79 m^3 .

Tabel 4. Perhitungan waktu kombinasi alat

Kombinasi	Jumlah/Unit		Volume / Hari	Total Waktu Pengerjaan
	Excavator	Dump Tronton		
1	1	8	588.76	244
2	2	16	1,177.52	122
3	3	24	1,766.28	81
4	4	32	2,355.03	61
5	5	40	2,943.79	49
6	6	48	3,532.55	41
7	7	56	4,121.31	35
8	8	64	4,710.07	31

Biaya

1. Excavator

Perhitungan biaya operasi dan sewa *excavator* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan biaya operasi dan sewa excavator

No.	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN
A. URAIAN PERALATAN				
1.	Jenis Peralatan	EXCAVATOR 80-140 HP		
2.	Tenaga	Pw	133.0	HP
3.	Kapasitas	Cp	0.80	M3
4.	Alat Baru : a. Umur Ekonomis	A	5.0	Tahun
	b. Jam Kerja Dalam 1 Tahun	W	2,000.0	Jam
	c. Harga Alat	B	1,831,204,871	Rupiah
B. BIAYA PASTI PER JAM KERJA				
1.	Nilai Sisa Alat = 10 % x B	C	183,120,487	Rupiah
2.	Faktor Angsuran Modal = $\frac{i \times (1+i)^n A}{(1+i)^n A - 1}$	D	0.24716	-
3.	Biaya Pasti per Jam :			
a.	Biaya Pengembalian Modal = $\frac{(B - C) \times D}{W}$	E	203,674.16	Rupiah
b.	Asuransi, dll = $\frac{0.002 \times B}{W}$	F	1,831.20	Rupiah
	Biaya Pasti per Jam = (E + F)	G	205,505.36	Rupiah

Biaya produksi total

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya sewa} \times \text{jam kerja per hari} \times \\
 &\quad \text{Total waktu Pengerjaan} \\
 &= 758.952,66 \times 8 \times 224 \\
 &= \text{Rp. } 1.484.133.524,74
 \end{aligned}$$

2. Dump Tronton

Tabel 6. Biaya operasi dan sewa *dump tronton*

No.	URAIAN	KODE	KOEF.	SATUAN
A. URAIAN PERALATAN				
1.	Jenis Peralatan	DUMP TRUCK 10 TON		
2.	Tenaga	Pw	190.0	HP
3.	Kapasitas	Cp	10.0	Ton
4.	Alat Baru : a. Umur Ekonomis	A	5.0	Tahun
	b. Jam Kerja Dalam 1 Tahun	W	2,000.0	Jam
	c. Harga Alat	B	513,000,000	Rupiah
B. BIAYA PASTI PER JAM KERJA				
1.	Nilai Sisa Alat = 10 % x B	C	51,300,000	Rupiah
2.	Faktor Angsuran Modal = $\frac{i \times (1+i)^n A}{(1+i)^n A - 1}$	D	0.24716	-
3.	Biaya Pasti per Jam :			
a.	Biaya Pengembalian Modal = $\frac{(B - C) \times D}{W}$	E	57,057.98	Rupiah
b.	Asuransi, dll = $\frac{0.002 \times B}{W}$	F	513.00	Rupiah
	Biaya Pasti per Jam = (E + F)	G	57,570.98	Rupiah

3. Biaya Produksi kombinasi

Tabel 7. Biaya produksi kombinasi

Kombinasi	Nama Alat	Jumlah	Waktu	Biaya Operasi
1	Excavator	1	224 Hari	1,360,043,173.82
	Dump Tronton	8	224 Hari	1,996,883,099.05
				3,356,926,272.86
2	Excavator	2	112	1,360,043,173.82
	Dump Tronton	16	112	1,996,883,099.05
				3,356,926,272.86
3	Excavator	3	81	1,475,403,978.74
	Dump Tronton	24	81	2,166,261,576.20
				3,641,665,554.94
4	Excavator	4	61	1,481,475,600.05
	Dump Tronton	32	61	2,175,176,232.89
				3,656,651,832.94
5	Excavator	5	49	1,487,547,221.36
	Dump Tronton	40	49	2,184,090,889.58
				3,671,638,110.95
6	Excavator	6	41	1,493,618,842.67
	Dump Tronton	48	41	2,193,005,546.28
				3,686,624,388.95
7	Excavator	7	35	1,487,547,221.36
	Dump Tronton	56	35	2,184,090,889.58
				3,671,638,110.95
8	Excavator	8	31	1,505,762,085.30
	Dump Tronton	64	31	2,210,834,859.66
				3,716,596,944.96

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa:

- Hasil perhitungan biaya penggunaan alat diperoleh biaya yang harus dikeluarkan untuk setiap kombinasi diatas adalah sebagai berikut secara efisien waktu :
 Kombinasi 1 = Rp. 3,356,926,272.86
 Kombinasi 2 = Rp. 3,356,926,272.86
 Kombinasi 3 = Rp. 3,641,665,554.94
 Kombinasi 4 = Rp. 3,656,651,832.94
 Kombinasi 5 = Rp. 3,671,638,110.95
 Kombinasi 6 = Rp. 3,686,624,388.95
 Kombinasi 7 = Rp. 3,671,638,110.95
 Kombinasi 8 = Rp. 3,716,596,944.96
- Produktivitas alat berat dilapangan dikerjakan selama 61 hari dengan penggunaan alat yaitu 4 unit *excavator* dan 32 unit *dump tronton* dengan volume per hari 2,355.03 m³. Sedangkan produktivitas dihitung menggunakan teoritis lebih efisien pada waktu pengerjaan di kombinasi 5 sampai dengan kombinasi 8.

- Kombinasi 5 = 49 hari dengan jumlah alat 5 unit *excavator* dan 40 unit *dump tronton* dengan volume yang dicapai perhari 2,943.79
- Kombinasi 6 = 41 hari dengan jumlah alat 6 unit *excavator* dan 48 unit *dump tronton* dengan volume yang dicapai perhari 3,532.55 m³.
- Kombinasi 7 = 35 hari dengan jumlah alat 7 unit *excavator* dan 56 unit *dump tronton* dengan volume yang dicapai perhari 4,121.31 m³.
- Kombinasi 8 = 31 hari dengan jumlah alat 8 unit *excavator* dan 64 unit *dump tronton* dengan volume yang dicapai perhari 4,710.07 m³

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1998. *Pedoman Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Dengan Menggunakan Peralatan*. Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rochmanhadi. (1992). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Rochmanhadi. (1985). *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Rostiyanti, S.F. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Wedhanto, S (2009). *Alat Berat dan Pemindahan Tanah Mekanis*. Malang: Universitas Negeri Malang